

컨테이너터미널 장치장에서 무선네트워크 LTE 적용방안에 관한 연구

차상현* · † 노창균

* 목포해양대학교 해상운송시스템학과 대학원, † 목포해양대학교 국제해사수송과학부 교수

A Study on Application Plan LTE Wireless Network in the Container Terminal Yard

Sang-Hyun Cha* · † Chang-Kyun Noh

*Department of Marine Transportation System Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

† Faculty of International Maritime Transportation Science, Mokpo National Maritime University

요 약 : 세계 주요 항만간 물류중심 기지화 경쟁이 격화되고 있는 가운데 세계 물류중심지로 선점 또는 우위를 차지하기 위하여 타 항만 보다 유리한 물류 장비의 첨단화와 자동화 시스템을 이용한 선진 항만을 구축하는데 있다. 물류 장비와 자동화 시스템을 연결 시키는 방법은 기존 컨테이너터미널에서는 컨테이너가 이동 할 때 정보 교환을 802.11 무선 규격 망을 구성하여 무지향성, 지향성 안테나를 이용하게 되는데 컨테이너 적재 높이가 높은 경우 사각지역이 발생하며, 주파수 CH(Channel)이 한정되어 있어 타 터미널 혹은 인접 지역에서 주파수 CH을 사용할 경우에 중첩문제가 발생하여 컨테이너터미널 자동화 장비 운영에 막대한 영향을 미치고 있다. 이 논문에서는 L사에서 제공한 LTE(Long Term Evolution)망을 구성하여 컨테이너터미널의 자동화 장비 운영 데이터를 L사 LTE 기지국에 구성된 LBO(Local Breakout) 망을 이용하여 외부망이 아닌 직접 컨테이너터미널의 운영서버로 연결하는 네트워크 망을 구성하였다. 이를 이용하여 컨테이너터미널에서 야드 자동화 장비들이 사각지역과 중첩문제가 발생 하지 않고 끊김 없이 데이터를 효율적으로 처리하는 방안을 제시하였다. 또한, 실제 컨테이너터미널의 기존 무선랜 AP(Access Point) 구성과 신규 LTE 구성을 제시하고 실제 야드 자동화 장비에 적용하여 기존 네트워크 트래픽과 신규 LTE 구성, 네트워크 트래픽을 비교 분석 제시하였다. 무선네트워크 LTE 도입은 컨테이너터미널의 자동화 장비의 사각지역, 주파수 CH 한정과 중첩을 없애 터미널 운영을 효율적으로 관리가 가능하게 되어 업무효율성 제고 및 지속적인 서비스 질의 향상을 위한 필수불가결한 요소가 될 수가 있다.

핵심용어 : 자동화 시스템, 802.11 무선 규격 망, 자동화 장비, LTE 망, 네트워크 트래픽, 컨테이너터미널

Abstract : Amid of the logistics hub center competition is going to intensifying between the world major port, it is essential to pre-occupied the base in the logistics hub world take advantage of advanced technology of logistics equipment than other ports. In existing container terminal, when container moves the terminal use the omnidirectional and directional antenna in order to exchange data information on the basis of 802.11 wireless network system. Case of loading height of exceeding, the blind sport will occur and a limited frequency channel can't help using in the area. A limited frequency channel usage and nested areas happen to use the closed terminal, it has a great influence to operate the terminal working. In this paper, LTE network is configured provided by the specified company (L Corp.,Ltd) and terminal data extracted through LBO (Local Breakout) in the cell site which is configured directly with container terminal operation server. Using this method, container terminal yard equipment operate without overlapping arises with uninterrupted data presented for ways to efficiently. I would suggest both the existing wireless AP LAN configuration of container terminal and new LTE system and applied to the real yard operating devices situations. Through these methods presented comparative the existing network traffic with new constructed LTE configuration. I admired to suggest that wireless network LTE introduction is fundamental factors to get rid of the blind spot, the problem of limited frequency channel and overlapping arises. These essential points can be a continual improving terminal services and more efficient terminal operational management.

Key words : Automation Systems, 802.11 wireless network standards, Automation equipment, LTE network, Network Traffic, Container Terminal

1. 서론

세계 주요 항만간 물류중심 기지화 경쟁이 격화되고 있는 가운데 전세계 무역물량의 90% 이상을 해상운송이 차지하고

있다. 세계 물류 중심지로 선점 또는 우위를 차지하기 위하여 타 항만 보다 유리한 물류 장비의 첨단화와 자동화 시스템을 이용한 선진 항만을 구축하는데 있다. 해상운송에 있어 수출입 물량을 담당하는 관문이라 할 수

* 제1저자 : 연희원, baplie@yahoo.co.kr 061)772-7588

† Corresponding author : 종신회원, cknoh@mmu.ac.kr 061)240-7172

(주) 이 논문은 “해운항만 정보시스템에서 무선시스템 기반 알고리즘 도입 방안”란 제목으로 “2012 공동학술대회 한국항해항만학회 논문집(경주교육문화회관, 2012. 6. 21-23, pp. 260-262)”에 발표되었음.

있는 컨테이너터미널을 거치지 않고는 수출입이 불가능하다. 컨테이너터미널에서 양하, 선적 작업은 Apron에서 이루어진다. Apron에 이동되기 전에 야드에서 장치되어 있거나, Gate을 통해서 직 반출입이 이루어진다. Apron에서 야드, 야드에서 Apron으로 컨테이너가 이동 시 정보 교환을 할 때 무선 네트워크 망을 통해서 데이터가 교환 된다.

정보 교환을 하기위해 통신 대상 장비들의 이동성으로 인해 무선 네트워크가 필요한 우리나라의 컨테이너터미널들은 2000년대 들어서 무선랜을 적용하기 시작하였고 현재는 대부분의 컨테이너터미널들에서 무선랜을 활용하고 있다(Han, S. H. H., Park. H. S., Kim. J. D. and Kim. Y. J., 2009).

무선이라는 보이지 않는 전파 특성상 주변 환경에 따라 적절한 무선 범위를 커버할 수 있는 구성으로 이루어져야 한다. 주변 무선 주파수의 전파 세기 및 주파수 채널 상태를 분석하고 지향성 안테나 또는 무지형성 안테나를 이용한 음영지역의 해소 등 최적화된 무선랜 시스템 구축이 필요하다.

최적의 무선랜 시스템을 구축하기 위해서는 컨테이너터미널의 환경에 맞는 확장성과 보안 강화성을 고려한 무선 네트워크 시스템을 구축 할 필요가 있다. 한번 설치로 유선랜 대비하여 신속하게 네트워크 구축이 가능하며 배선 필요 없이 사용이 가능하다. 또한, 자유로운 단말기 설치와 단말기 이동이 가능하며 유지보수가 단순하여 짧은 시간에 장애처리가 가능해 졌다.

무선 AP을 이용한 무선 네트워크 장비를 최대한 분산하여 로밍시스템의 최적화와 무선 네트워크의 안정적 분산이 가능하고, 보안이 강화된 무선랜 인프라 구축으로 사용자 및 운영자 중심의 무선 네트워크 서비스 제공에 효율성을 제시 할 수 있다. 무선 AP을 이용한 무선 규격은 IEEE 802.11을 사용하여 터미널의 자동화 장비와 야드 장비의 자동화 시스템에서 활용되고 있다. 터미널에서 사용되고 있는 무선시스템의 경우 무지향성, 지향성 안테나를 사용하여 이용되는 경우 터미널 컨테이너 적재에 있어 어느 정도 제약 받을 경우 사각지역이 발생할 수 있다. 또한, 주파수 CH이 한정되어 있어 타 터미널 혹은 인접 지역에서 주파수 CH을 사용할 경우에 중첩성이 발생하여 터미널 운영에 막대한 영향을 끼치게 된다.

이 논문에서는 L사에서 제공한 LTE방식 중 하나인 LBO(Local Breakout)망을 이용하여 데이터 처리를 기업 내부망에서 사용되는 것 같이 구성하였다. 즉 L사에서 제공한 LTE방식으로 컨테이너터미널에서 보내준 데이터를 원하는 특정 트래픽 즉 서비스를 이용하여 기지국에 구성된 LBO장비를 통하여 외부망이 아닌 직접 기업내부의 고객서버로 연결한다. 사용량이 많아지면 네트워크가 알아서 효율적으로 사용량을 분배해 컨테이너터미널에서 야드 장비들이 끊임 없이 더 빠른 속도로 데이터를 가져올 수 있게 구성하였다.

이 연구는 부산신항에 위치하고 있는 컨테이너터미널에 LTE 무선 네트워크를 실제 개발, 적용, 운영하는 곳을 연구대상지로 선정하였다. 광양항은 부산신항과 비슷한 환경으로 구축하였으며 LTE 무선 네트워크를 테스트하기 위해 통신사와 협약하고 망구

성을 적용하여 테스트하였다. 무선 AP를 이용한 네트워크 구성 망과 LTE를 이용한 네트워크 구성 망의 구성을 알아보고 실제로 적용하여 컨테이너터미널에서 야드 장비의 트래픽의 차이를 비교 분석 및 적용방안을 제시하는 것을 목적으로 한다.

연구대상 시설 현황은 Table 1에서 살펴보면 다음과 같다. 이 연구의 연구대상인 부산신항, 광양항의 해당 컨테이너터미널은 국내 항만산업에서 컨테이너 물동량이 지속적인 성장을 보이고 있는 국내 대표적인 컨테이너터미널이다.

Table 1 Destination container terminal research facility

Category	Busan New Port (A)	Gwangyang Port(A)
Cargo	Exclusive Container Terminal	
Length	1,100(m)	1,150(m)
Depth	18(m)	16(m)
Number	12,000(Teu) X 3	4,000(Teu) X 6
Capacity	200 million Teu	11million 5thousand Teu

Source : Busan Port Authority, Yeosu GwangYang Port Authority

2. 선행연구 고찰

컨테이너터미널 관련된 문헌을 살펴보면 크게 컨테이너터미널에 적합한 RFID 도입 방안에 관한 연구, 야드 자동화 도입 방안에 관한 연구, 컨테이너터미널의 무선랜 도입 방안에 관한 연구 등으로 대별된다.

먼저 컨테이너터미널에 적합한 RFID(Radio Frequency Identification) 도입 방안에 관한 주요 연구는 RFID와 OCR(Optical Character Recognition)기술을 동시에 적용해 이들이 가진 장점을 활용한 RFID/OCR 기반의 자동화 게이트시스템을 개발하고, 이를 컨테이너터미널 게이트에 적용하여 컨테이너터미널 게이트의 인식업무를 개선시킬 수 있는 효율적인 게이트 운영 시스템을 제시하였다. 현재 컨테이너터미널 게이트에서 주로 사용되고 있는 바코드 시스템은 차량 및 컨테이너의 정보수집에 비효율적인 요소를 제거하였다(Choi, H. R., Park. B. J., Shin. J. J., and Yavuz KECELL, 2007). 항만 컨테이너 터미널에서의 RFID 적용을 위해 컨테이너터미널 게이트에서의 RFID 실증실험과 실제 컨테이너 터미널의 데이터를 기초로 한 시뮬레이션을 실시하였다. 실증실험을 통해 RFID 현업 적용 가능성을 확인하였으며, 시뮬레이션을 통해 RFID가 적용되었을 경우의 정량적인 업무 성능 향상을 확인할 수 있었다. 한계는 항만 컨테이너 터미널에서의 RFID 도입 효과를 평가하기 위해 시뮬레이션을 통해 측정 가능한 정량적인 결과값을 비교 분석 제시하였다(Lee. C.H., Jang. K. Y., Kim. J. Gon. and Yoo. W. S., 2007).

야드 자동화 도입 방안에 관한 주요 연구는 트랜스퍼 크레인의 야드 작업과 컨테이너 크레인의 본선 작업에서 적외선 통신 시스템을 적용하여 정확히 야드 트랙터를 인식할 수 있는 적외선 통신 시스템을 제시하고 크레인 밑을 이동하는 여러 대의 야드 트랙터들을 구분하여 인식할 수 있는 인식 범위를 제시

하였다. 한계는 보다 다양한 외부환경 하에서의 적외선 통신시스템의 신뢰성을 검증할 필요가 있을 것이다(Hong. D. H., and Kim. C. G., 2013). 컨테이너 터미널에서 자동화 장치장 크레인의 작업 할당을 위한 평가 기준을 고안하고, 평가 결과를 취합하기 위한 가중치를 유전 알고리즘을 이용하여 최적화하는 방안을 제안하였다. 실험 결과를 통하여 제안 방안이 낮은 계산비용으로 실시간 터미널에 적합함을 보이고, 다양한 평가를 통한 작업 할당이 컨테이너 터미널의 효율을 개선시킴을 제시하였다(Wu. J. M., Yang. Y. J., Choe. R., 2012).

컨테이너 터미널에서 이적작업을 위한 장치장 크레인 작업 할당을 분석하기 위해 혼합정수계획법을 이용하여 작업할당 문제에 대한 최적 모형을 개발 제시하였다. 그리고 수리 모형을 적용하여 YC(Yard Crane) 작업할당에 따라 이적작업이 수행되는 과정을 설명하는 예제를 제시하였다. 한계는 YC 작업할당에 대한 최적 모형은 계산시간이 많이 소요되기 때문에 최적 모형과 작업할당 규칙의 성능을 충분히 비교하지 못한 한계가 있다. 따라서 검토한 할당 규칙이 얼마나 우수한 해법인지에 대해서는 민감도 분석을 포함하여 추가 분석 필요성을 제시하였다(Bae. J. W. and Park. Y. M., 2012). 컨테이너 터미널의 복수 규칙 기반 AGV(Automated Guided Vehicle) 배차전략 최적화 분석을 위해 단순 규칙 기반 배차는 근시안적 특성으로 인해 배차의 다양한 성능 지표를 만족시키지 못하는 한계가 있으며 이를 극복하기 위해 복수 규칙기반의 배차 전략을 제안하고 복수 휴리스틱 기반 배차 전략은 여러 규칙의 가중합으로 구성되며 규칙 사이의 가중치를 최적화하기 위해 다목적 진화 알고리즘을 적용 제시하였다. 시뮬레이션 실험을 통해 제안 방안이 기존 단일 규칙 기반 배차에 비해 더 좋은 성능을 보임을 확인하였다. 한계는 배차전략이 다양한 상황에서 안정적으로 동작할 수 있는지, 안정적으로 동작하지 않을 경우 다양한 상황에 대처하기 위한 방안을 무엇인지에 대한 방안을 제시 하지 못했다(Kim. J. M., Choe. R., Park. T. J., and Ryu. K. R., 2011).

컨테이너 터미널의 장치장 재정돈 대상 컨테이너로 선택하여 재정돈 계획을 수립하는 방안을 제안하였다. 재정돈 컨테이너 선택 시 사용된 선택 기준과 한 번에 선택하는 컨테이너의 범위에 따라 네 가지 재정돈 대상 컨테이너 선택 방안을 제시하였으며, 선택된 재정돈 컨테이너를 대상으로 휴리스틱 알고리즘을 이용해 크레인의 작업 계획을 수립하였다. 시뮬레이션 시스템을 이용한 실험 결과 유희시간이 제한되어 있는 경우 재정돈 대상 컨테이너를 선택 후 재정돈 계획을 수립하는 방안이 전체 컨테이너를 대상으로 재정돈 계획을 수립 후 주어진 유희시간 동안 해당 계획에 따라 재정 돈을 수행하는 방안보다 더 좋은 적하 작업 효율을 보임을 확인하였다(Kim. J. E., Park. K. Y., Park. T. J. and Ryu. K. R., 2009).

광양항 컨테이너터미널의 생산성 향상을 위하여 장비 작업 계획 우선순위를 분석하기 위하여 각 하역장비 영역과 컨트롤 센터의 애로 공정 및 개선 사항을 분류, 선정하였으며, 여러 기준 하에서 의사결정을 하여야 하므로 다기준의사결정법으

로 많이 사용되고 있는 AHP 분석기법을 연구결과에서 제시된 생산성 향상을 위한 장비 작업계획 우선순위가 광양항을 대표할 수 없다는 한계를 가지고 있으므로 더 정확한 분석을 위해서는 보다 다양한 표본을 대상으로 하는 연구가 필요함을 제시하였다. 또한 우선순위로 확정된 안을 시행할 경우 터미널 내에서 효과를 평가할 수 있는 방법에 대한 향후 연구가 요구됨을 제시하였다(Yeun. D. H. and Choi. Y. S., 2011).

컨테이너터미널의 무선 네트워크 도입 방안에 관한 주요 연구는 컨테이너터미널의 무선 네트워크에 대한 실증적 분석을 통해 대상 네트워크는 재전송율이 50% 이상일 정도로 안정성이 떨어지며 단말 이동 시 통신 단절 현상이 자주 발생함을 확인하고 품질 저하나 장애의 원인을 밝히고 이를 극복하거나 완화시킬 수 있는 방안들은 제안하였다. 한계는 IEEE 802.11 기술을 적용하여 무선 네트워크를 구성하는 사례로 제안하였다(Park. H. S. Kim. J. E. and Kim. Y. J., 2009). 컨테이너터미널의 효율적인 장치장 운영방안을 위해 RFID/USN(Ubiquitous Sensor Network) 기반의 ad-hoc 네트워크 구축방안을 제시하고 RFID 태그의 위치에 따라 장치장 내의 최대 무선전송 범위를 예측할 수 있는 LAODV(Location based AODV) 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 한계는 컴퓨터로 시뮬레이션을 통한 통계자료를 제시하는데 그쳤다(Lee. B. H. and Choi. Y. B., 2011).

무선랜을 사용하는 물류정보시스템에서 동적인 트래픽 상황을 고려하여 무선랜의 성능을 최적화하기 위하여 백오프 절차를 위해 사용되는 CWmin, CWmax 값을 동적으로 변화시키는 알고리즘을 제시하였다. 한계는 시뮬레이션을 통한 데이터 전송률을 향상을 제시하는데 한계를 두었다(Lee. S. H., Choi. W. Y. and Lee. S. W., 2009). 무선 인터넷 이용 특성(이용수준, 이용장소, 선요금체계)과 WiBro 서비스 활성화를 위한 요인(기술인프라, 정부정책, 콘텐츠, 단말기, 서비스 사업자)에 대한 인식도 등을 파악하고 무선인터넷 이용 특성에 따라 WiBro 서비스 활성화를 위한 요인에 대한 인식도가 차이가 있는가를 분석 제시하였다. 한계는 WiBro 사용자의 다양한 특성과 WiBro 서비스 활성화 요인간의 관련성을 제시하지 못했다(Yoon J. S., 2011).

선행연구는 컨테이너터미널에 적합한 RFID 도입 방안에 관한 연구, 야드 자동화 도입 방안에 관한 연구, 컨테이너터미널의 무선랜 도입 방안과 한계점을 각각 제시하였다.

이 논문에서는 실제 컨테이너터미널에서 해당 연구에 대한 무선 AP 네트워크 망 구조와 무선 LTE 네트워크 망 구조 구축 적용 방안을 제시하고, 네트워크 트래픽 성능을 비교 분석 제시하고자 한다.

3. 무선 네트워크 망 구조

유선 LAN의 확장, 대체의 개념으로 구현될 수 있는 데이터 통신으로 유선을 사용하지 않고 전파(Radio Frequency)를 이용하여 데이터를 송수신하게 된다. 무선 네트워크 시스템 구

축을 통해 무선 랜 네트워크와 사용자 인증 시스템 구현의 기반을 마련함에 있어서 구축 시 철저한 사전 준비와 최적의 시스템 기반 조성 방안을 제시하여 유비쿼터스 환경에서 활용할 수 있는 인프라를 구축하여 업무효율성 제고 및 서비스 향상을 위한 인프라 기반을 마련하는데 있다.

3.1 무선 AP 네트워크 망 구조

컨테이너터미널에서 IEEE 802.11 무선 규격은 터미널의 자동화 장비(야드 장비)와 터미널 시스템의 데이터를 송신 수신하는데 사용되고 있다. 다음은 IEEE 802.11 무선 규격 종류에 대한 설명이다.

(1) 802.11a 무선 규격

802.11a는 무선 근거리 통신망에 적용할 수 있는 802.11 계열의 여러 가지 규격들 중 하나이다. 802.11a는 무선 ATM 시스템에 관한 규격을 제공하며 액세스 허브 내에서 사용된다.

802.11a를 사용하는 네트워크는 5.725 GHz ~ 5.850 GHz 범위의 무선 주파수에서 운용된다. 802.11a 규격은 OFDM이라고 불리는 변조 형식을 사용하는데, 이는 특히 사무 환경에 잘 어울린다. 802.11a에서는 최고 54 Mbps까지의 데이터 전송 속도를 발휘하는 것이 가능하다. 802.11b에 채용된 주파수 스펙트럼인 2.400 GHz ~ 2.4835 GHz 대역이 일반 가전제품이나 의료 기기 등과 함께 사용되는데 비하여, 802.11a는 활용 가능한 채널이 보다 많기 때문에 802.11b 보다 혼신이 덜 생긴다(<http://tip.daum.net/openknow/48536082?q=802.11a%20%EB%AC%B4%EC%84%A0%20%EA%B7%9C%EA%B2%A9>).

(2) 802.11b 무선 규격

주파수는 2.4GHz, 데이터 전송률 11Mbps, 신호 HR-DSSS(High Rate Direct Sequence Spread Spectrum 직접확산 변조방식), 실제 전송 속도는 6~7 Mbps 정도이며, 가장 먼저 출시된 기술로 전송속도가 느리고 다른 통신기기(휴대폰, 블루투스)와의 주파수 간섭문제가 발생 할 수 있다는 문제점이 있다(<http://blog.daum.net/sjm715/183>).

(3) 802.11g 무선 규격

주파수는 2.4GHz, 데이터 전송률 54Mbps, 신호 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex 직교 주파수 분할 다중), 실제 전송 속도 20Mbps 정도이며, 802.11b와 같은 주파수 대역을 사용하므로 802.11b사용 기기와 서로 상호호환이 가능해 최근까지 많이 사용되고 있는 기술이다(<http://yaam.tistory.com/31>).

3.1.1 무선 AP 구축

Fig. 1은 실제 컨테이너터미널에서 무선 AP 구축 사례이다. 조명 타워를 이용하여 AP를 설치하고 터미널 내 환경을 고려하여 지향성 안테나와 무지향성 안테나를 선택적으로 여러개 설치하여 야드 트랙터와 터미널 시스템간 통신을 한다.

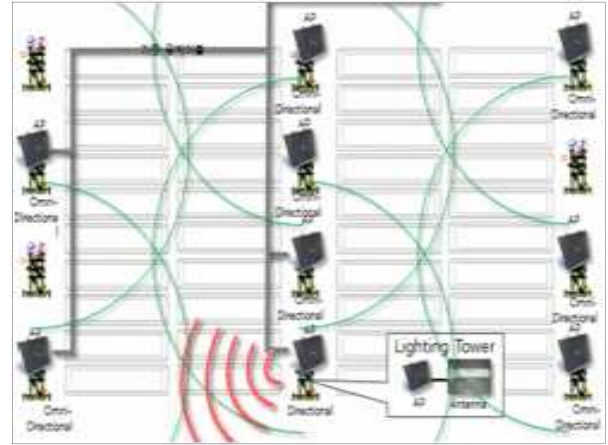






Fig. 1 Building wireless AP

3.1.2 무선 AP 세부규격

실제 컨테이너터미널 야드에서 운영되고 있는 무선 AP 세부 규격은 아래 Table 2와 같이 정리하였다.

Table 2 Wireless AP details Specification

Division	Product Name	Product Contents
AP	Air-AP-124 2AG 	<ul style="list-style-type: none"> - IEEE 802.11a/b/g Support - Support a variety of security features (WPA, WPA2,EAP) - 2.4GHz or 5GHz Antenna Support - Access Point or Providing Bridge - 40bit 및 128bit - Operating temperature : -20 ~ 55°C - Power : 100 ~ 240VAC, 36~57VDC
Omni-Directional Antenna	Air-ANT24 120 	<ul style="list-style-type: none"> - Frequency Range : 2.4 ~ 2.5 GHz - VSWR : 2:1 under, 1.5:1 Nominal - Gain : 12 dBi - Polarization : Linear, Vertical - Azimuth 3dB BW : Omni-Directional 360 - Relief 3dB BW : 7 - Antenna Connector : RP-TNC - Size (H * W) : 42 * 1.25inch
Directional Antenna	Air-ANT19 49 	<ul style="list-style-type: none"> - Frequency Range : 2.4 ~ 2.83 GHz - VSWR : 2:1 under, 1.5:1 Nominal - Gain : 13.5 dBi - Polarization : Vertical - Azimuth 3dB BW : 30 - Relief 3dB BW : 25 - Antenna Connector : RP-TNC - Size (H * W) : 18 * 3inch
AP Enclosure		<ul style="list-style-type: none"> - Outdoor AP Enclosure - Water treatment - Material : Stainless Steel

Source : Gwangyang Port(A)

3.1.3 무선 AP 서비스 운용

실제 컨테이너터미널 내의 조명탑에 AP를 설치 시 아래 Fig. 2와 같이 무선 네트워크 서비스 범위, 이동 시 로밍 서비스 주요 이동 동선에서의 무선 네트워크 데이터 통신을 고려하여 무선 네트워크서비스가 운영되도록 구성 하였다.

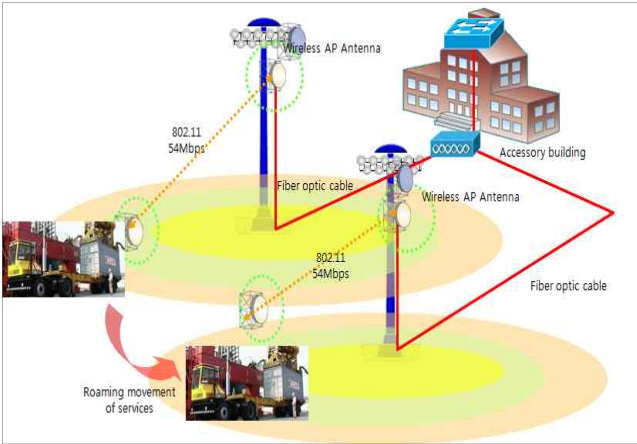


Fig. 2 Wireless AP service operations

한 액세스 포인트에서 또 다른 액세스 포인트로 이동하는 것을 로밍 단계라고 볼 수 있으며 액세스 포인트(AP) 간에 로밍 단계로는 첫 번째 스캐닝(scanning) 단계에서 데이터를 수신하여 AP 검색해서 연관 요청(Association request)한다. 신호 세기에 따라 큰쪽의 AP 선택하여 연관요청을 송신하여 연관 응답(Association response)의 요청에 응답하면 로밍이 성공하며, 응답이 없으면 다른 AP 검색하여 응답을 요청한다.

3.2 무선 LTE 네트워크 망 구조

고객에게 원하는 데이터 등을 더 빠르게 제공하고 멀리 있거나 흩어져 있는 데이터 등을 LTE 기지국 내 서버에 자동 저장 한다. 또한 사용량이 많아지면 네트워크가 알아서 효율적으로 사용량을 분배하여 고객이 끊임 없이 더 빠른 속도로 데이터 등을 받아 볼 수 가 있다.

LBO(local Breakout) 방식은 기업 보안이나 이동성 네트워크 품질에 대한 문제를 해결 해주고 가입자로부터 원하는 특정 트래픽(서비스)을 기지국에 구성된 LBO장비를 통하여 외부망이 아닌 직접 기업내부의 고객서버로 연결하여 운영한다. L사에서 운영하는 관리 기지국과 컨테이너터미널에서 설치된 기지국간에 통신하는 방식으로 컨테이너터미널에서 설치된 기지국 하나로 20~30만평 정도 통신을 커버리지 할 수 있다.

3.2.1 무선 LTE 구축

Fig. 3은 실제 컨테이너터미널에서 LTE 구축 사례이다. L사에서 제공한 LTE Network 기지국을 통해 무선 통신 서비스를 터미널에 제공하여 야드 트랙터와 터미널 시스템간 원활

하게 데이터를 송신하고 수신 할 수 있게 한다.

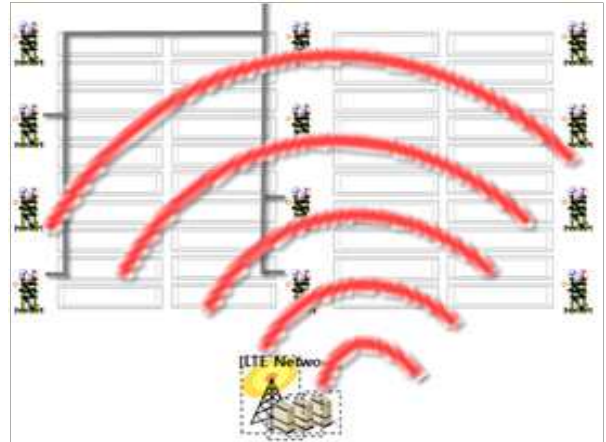




Fig. 3 Building wireless LTE

3.2.2 무선 LTE 세부규격

실제 부산자동차 컨테이너터미널과 광양수동 컨테이너터미널에서 사용한 무선 LTE 장비로 야드 장비에 부착하여 현장 야드장비의 PC에 네트워크 접속하기 위해서는 Router를 통해서 실제 통신을 주고 받으면 Router를 인식하기 위해서는 SIM(Subscriber Identification Module)카드를 삽입하면 컨테이너터미널에서 무선 LTE망을 사용 할 수 있다. SIM 카드는 우리가 일반적으로 사용하는 휴대폰의 유심카드 중에 하나이다.

Table 3 Wireless LTE details Specification

Division	Product Name	Product Contents
Router	ME-Y51WL 	<ul style="list-style-type: none"> - External Access: LTE Only - IEEE 802.11b/g/n Compliant - Two Ethernet 10/100 Base-T RJ45 Plug - B5 850MHz, B7 2600MHz - Operating temperature : -20 ~ +50°C
SIM Card	SIM Card 	<ul style="list-style-type: none"> - Subscriber Identification Module Card

Source : Gwangyang Port(A)

3.2.3 무선 LTE 서비스 운용

실제 컨테이너터미널 내의 무선 LTE 기지국을 통해서 야드에서 장비와 1:N으로 접속 되게 무선 네트워크 데이터 통신을 고려하여 아래 Fig. 4와 같이 운영되도록 구성 하였다.

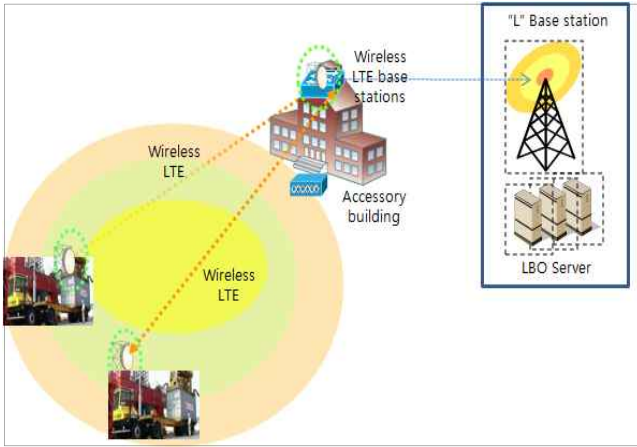


Fig. 4 Wireless LTE service operations

무선 LTE 기지국을 통해서 야드 장비에 한 개의 IP가 할당 되면 장비 운행 중단 후 PC 전원을 단절 할 때까지 계속해서 한 개의 같은 IP로 작업이 진행 된다.

3.3 국내외 무선 AP 및 무선 LET 네트워크 사용 현황

무선 AP 네트워크 경우 미국은 평균적으로 CH11까지 사용하고 한국, 대만, 스페인은 CH13까지 사용 한다. 일본은 CH14 까지 사용 하고 있다. 제품에 따라 CH의 Min ~ Max가 범위가 조금씩 틀릴 수도 있다. CH1은 2.412GHz 이고 채널이 하나씩 증가할 때마다 0.005를 더해준다, 따라서, CH2은 2.417 GHz가 이용되고 있다. Client 환경설정 보통 로밍에 사용되는 dB은 60dB, 70dB이 안전성 이유로 많이 사용되고 있다. CH 1,2,3,4을 인접 터미널에서 혼용 사용하게 되면 잡음이 발생할 수가 있어, CH 중첩이 발생하지 않게 1번을 사용하고, 4번을 사용하게 되면 무선 중첩문제 발생을 방지 할 수 있다.

무선 LET 방식은 국내의 경우 부산신항만(A) 한곳에서 사용하고 있으며 광양항(A)에서도 테스트 단계로 현장에 적용하여 이용하고 있다. 한편, 외국에서는 적용 된 곳이 없는 것으로 파악했다.

4. 성능 평가

이 연구에서 컨테이너터미널에서 야드의 컨테이너를 이적 및 본선작업의 양하, 적하하는데 필수 장비 중 하나인 야드 트랙터의 무선 AP와 무선 LET 네트워크 망 트래픽을 조사하였다.

4.1 무선 AP 네트워크 망 트래픽

자동화 컨테이너터미널에서 야드에서 컨테이너 이동하는 수단으로 사용되는 야드 트랙터로 무선 랜 구성에서 취약한 부분으로 가장 영향을 많이 받는 장비 중 하나이다. 아래 Fig. 5은 야드 컨테이너가 5~6단으로 적재되어 있는 야드의 컨테이너터미널에서 트래픽을 조사한 결과이다. 빨강색 막대 그래프가 네트워크 장애 발생을 표시 하는 부분으로, 대부분 야드 트랙터에

서 운행중 네트워크 장애가 발생하여 데이터 송신 및 수신 문제가 발생하여 야드 작업에 단절이 많이 발생하였다.

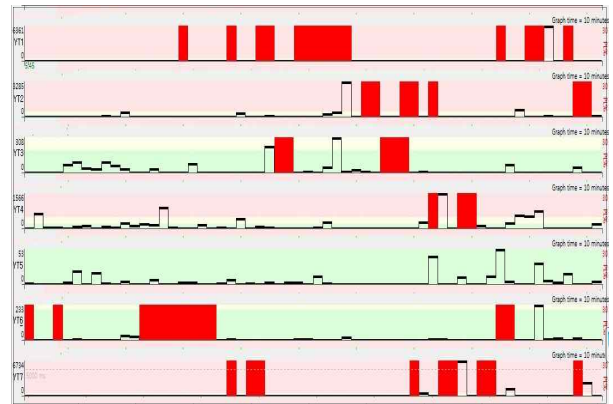


Fig. 5 Busan New Port (A)

아래 Fig. 6은 수동 컨테이너터미널에서 야드 컨테이너가 4~5단으로 적재되어 있는 야드의 컨테이너터미널에서 트래픽을 조사한 결과이다. 빨강색 막대 그래프가 네트워크 장애 발생을 표시 하는 부분으로, 부분적으로 야드 트랙터에서 운행중 네트워크 장애가 발생하여 데이터 송신 및 수신 문제가 발생하여 야드 작업에 단절이 많이 발생하였다.

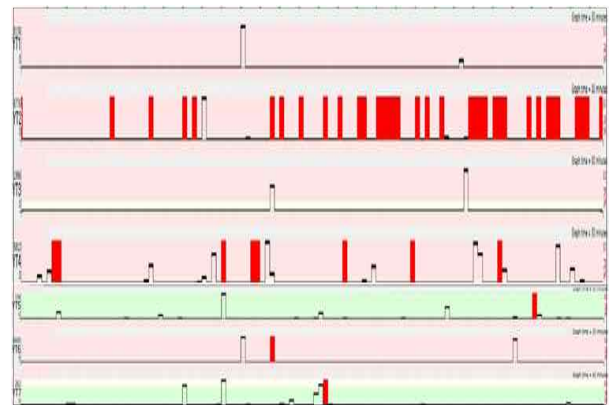


Fig. 6 Gwangyang Port(A)

4.2 무선 LTE 네트워크 망 트래픽

자동화 컨테이너터미널에서 야드 트랙터를 이용하여 야드 트래픽 정도를 측정하였다. 아래 Fig. 7은 야드 컨테이너가 5~6 단으로 적재되어 있는 야드의 컨테이너터미널에서 트래픽을 조사한 결과이다. 빨강색 막대 그래프가 없으면 네트워크 장애 없이 원활하게 운영됨을 볼 수가 있는데 이는 야드 트랙터와 터미널 시스템간 원활하게 송신 및 수신 데이터가 통신 장애 없이 처리됨을 볼 수 있다.

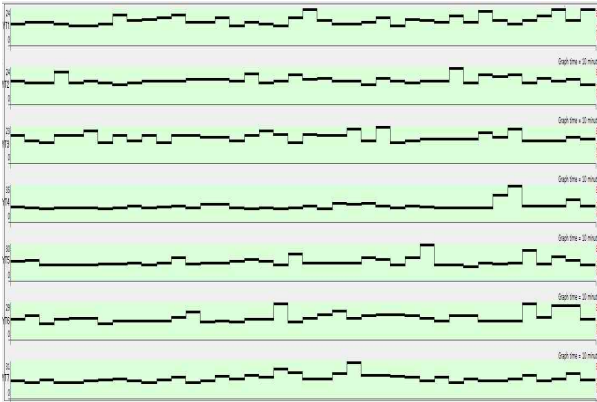


Fig. 7 Busan New Port (A)

수동 컨테이너터미널에서 야드 트랙터를 이용하여 야드 트래픽 정도를 측정하였다. 이곳은 터미널 내 기지국을 설치 안하고 외부 기지국을 이용하여 테스트 하였다. 아래 Fig. 8은 야드 컨테이너가 4~5단으로 적재되어 있는 야드의 컨테이너터미널에서 트래픽을 조사한 결과이다. 빨강색 막대 그래프가 없으면 네트워크 장애 없이 원활하게 운영됨을 볼 수가 있는데, Fig 8 경우 데이터 송신 및 수신 작업에서 빨강색 막대그래프가 0.5초 정도 발생하였으나 운영상 문제는 없었다. 단절원인 확인 결과 무선 LTE의 기지국의 출력이 약해서 문제가 발생했으며 L사와 협의의 결과 무선 LTE 기지국 출력을 높이거나, 터미널 내 기지국을 설치하면 문제가 없는 것으로 확인 했다.

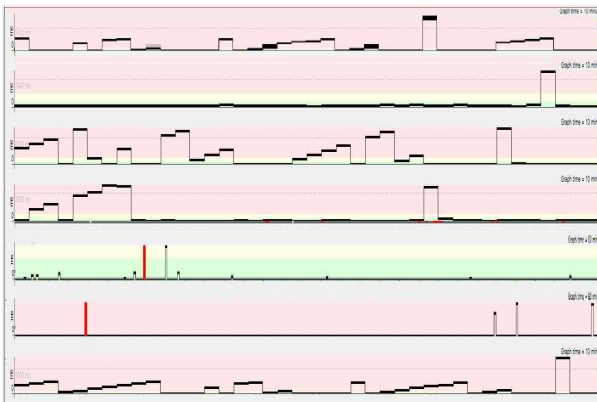


Fig. 8 Gwangyang Port(A)

Fig 7과 Fig 8을 살펴보면 무선 LTE를 사용하여 자동화 컨테이너터미널과 수동 컨테이너터미널의 야드 트랙터와 터미널 시스템 트래픽의 확인 결과, 자동화 컨테이너터미널에서는 빨강색 막대 그래프가 없으면 네트워크 장애 없이 원활하게 야드 트랙터와 터미널 시스템간 송신 및 수신 데이터가 운영됨을 볼 수 있었다. 또한, 수동 컨테이너터미널에서 빨강색으로 표시되는 부분이 0.5초 발생 하였으나 운영상 문제는 없었다.

위의 결과 무선 LTE 망을 구축하여 야드 트랙터와 터미널 시스템간 송신 및 수신 데이터가 원활하게 운영되는 걸 확인 할 수가 있었다.

5. 결론

무선 시스템 구축은 장소와 시간에 상관없이 편리한 전산망 접속 환경을 제공하는 유비쿼터스 환경 인프라 기반을 마련함으로써 업무 효율성을 제고할 뿐만 아니라 서비스를 향상시킬 수 있다. 외부 및 내부의 침입에 대한 전산 자원의 체계적 보호와 중앙 집중관리, 장애 대응 방안을 제공함으로써 해운항만 터미널의 무선 LTE 인프라 기반을 구축이 가능해 질 것이다. 이를 다음과 같이 세부적으로 정리하였다. 첫번째, 유비쿼터스 환경에 대비한 인프라에서는 장소와 시간에 상관없이 편리한 전산망 접속, 업무 효율성 극대화, 대 고객 서비스 경쟁력 향상, 신규 비즈니스 창출 기회를 제공 할 것이다. 두번째, 보안이 강화된 무선 네트워크는 비 인가자의 네트워크 접근 차단 및 통제, 워, 바이러스, 해킹 등 외부의 침입에 대한 체계적인 대응 가능, 사용자별 전산 자원에 대한 차별화 된 네트워크 서비스 제공, 정보 인프라의 신뢰성 제공이 가능하다. 세번째, 효율적인 네트워크 관리는 중앙 집중적인 무선 랜 관리로 효율성 향상 및 비용 절감, 시스템의 확장 및 구성 변경이 편리해 질 것이다. 네번째, 안정성 및 확장성 보장에서는 고객으로부터 원하는 특정 트래픽(서비스)을 기지국에 구성된 LBO를 통하여 외부망이 아닌 직접 기업내부의 고객서버로 연결하고 사용량이 많아지면 네트워크가 알아서 효율적으로 사용량을 분배해 고객들은 끊임 없이, 더 빠른 속도로 성능을 제공할 것이다. 또한 LBO를 통한 인증 된 고객만이 접속이 가능하도록 지원할 것이다.

컨테이너터미널에서 사용되고 있는 무선시스템의 경우 무지향성, 지향성 안테나를 사용하여 이용되는 경우 터미널 컨테이너 적재에 있어 어느 정도 제약 받을 경우 사각지역이 발생 가능성이 있으며, 주파수 CH이 한정되어 있어 타 터미널 혹은 인접 지역에서 주파수 CH을 사용할 경우에 중첩문제가 발생하여 터미널 운영에 막대한 영향을 끼치게 된다.

이 연구에서 실시한 성능분석에 의하면 통신사에서 제공되고 사용되는 LTE을 사용할 경우. 기존에 사용하고 있는 무선 AP 시스템방식 보다 사각지역에 대한 데이터 손실이 발생하지 않았으며 안정성 및 유지보수에 대한 효율성면에서 도움이 될 것으로 판단된다.

무선 LTE 시스템 도입의 문제는 첫번째, 기지국 및 중계기의 장애가 발생하면 백업에 대한 대안이 없다. 두번째, 어떠한 사유로 통신사를 변경하고자 할 경우 기존에 사용하고 있는 기지국이 교체 가 되어야 하는 부분이 발생한다. 세번째, 통신사 사용 비용으로 터미널에 설치되어야 할 기지국 비용과, 단말기 한대당 사용료에 대한 비용에 대한 문제이다.

이 연구에서는 데이터 량 및 고급 이미지 정보가 실시간으로 송신 및 수신하게 되면 데이터 량이 너무 커서 L사의 영향도 분석과 준비 미흡으로 테스트 및 적용을 실시하지 못했지만, 향후 연구에서는 무선 LTE 망구조를 이용하여 Gate 운영,

CCTV 장비에 적용 방안에 대하여 제시하고자 한다.

References

- [1] Bae. J. W. and Park. Y. M.(2012), "Yard Crane Dispatching for Remarshalling in an Automated Container Terminal", *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 36, No. 8, pp. 665-671.
- [2] Choi. Y. R., Park. B. J., Shin. J. J. and Yavuz KECELI(2007), "Development of the automated gate system based on RFID/OCR in a container terminal", *Korea Society Of Industrial Information Systems*, Vol. 12, No. 2, pp. 37-48.
- [3] Han. S. H. H., Park. H. S., Kim. J. D. and Kim. Y. J.(2009), "Analysis of Wireless Network in Freight Container Terminal and Methods for Service Quality Enhancement", *The Journal Of Korea Information And Communications Society*, Vol. 34, No. 3, pp. 235-246.
- [4] Hong. D. H. and Kim. C. G.(2013), "Development of Infrared-Ray Communication System for Position Recognition of Yard Tractor in Container Terminal", *The Korea Society of Digital Policy & Management*, Vol. 11, No. 1, pp. 211-223.
- [5] Kim. J. E., Park. K. Y., Park. T. J., and Ryu. K. R.(2009), "Container Selecting Methods for Remarshaling Considering Restricted Idle Time of Crane in an Automated Container Terminal", *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 33, No. 10, pp. 715-722.
- [6] Kim. J. M., Choe. R., Park. T. J., and Ryu. K. R.(2011), "Optimizing dispatching strategy based on multicriteria heuristics for AGVs in automated container terminal", *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 35, No. 6, pp. 501-507.
- [7] Lee. B. H. and Choi. Y. B.(2011), "Location based Ad-hoc Network Routing Protocol for Ubiquitous Port", *Journal of Korea Contents Association*, Vol. 11, No. 1, pp. 65-71.
- [8] Lee. C. H., Jang. K. Y., Kim. J. G., and Yoo. W. S.(2007), "A Simulation Study for RFID Application to the Port Container Terminal", *Journal of the society of Korea industrial and systems engineering*, Vol. 30, No. 4, pp. 30-38.
- [9] Lee. S. H., Choi. W. Y. and Lee. S. W.(2009), "Dynamic Contention Window Control Algorithm Using Genetic Algorithm in IEEE 802.11 Wireless LAN Systems for Logistics Information Systems", *Journal of the society of Korea industrial and systems engineering*, Vol. 32, No. 3, pp. 10-19.
- [10] Park. H. S., Kim. J. D. and Kim. Y. J.(2009), "Analysis of Wireless Network in Freight Container Terminal and Methods for Service Quality Enhancement", *The Journal Of Korea Information And Communications Society*, Vol. 34, No. 3, pp. 235-246.
- [11] Wu. J. M., Yang. Y. J., Choe. R., and Ryu. K. R.(2012), "Automated Stacking Crane Dispatching Strategy in a Container Terminal using Genetic Algorithm", *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 36, No. 5, pp. 387-394.
- [12] Yeun. D. H. and Choi. Y. S.(2011), "A Priority Analysis of Equipment Operation Plan for Container Terminal in Gwangyang Port", *Journal of Korea Port Economic Association*, Vol. 27, No. 1, pp. 75-94.
- [13] Yoon. J. S.(2011), "A Study on the Factors Promoting the Usage of WiBro Service", *Korea Society Of Computer Information*, Vol. 16, No. 7, pp. 165-172.
- [14] <http://tip.daum.net/openknow/48536082?q=802.11a%20%EB%AC%B4%EC%84%A0%20%EA%B7%9C%EA%B2%A9>
- [15] <http://blog.daum.net/sjm715/183>
- [16] <http://yaam.tistory.com/31>

Received 13 January 2016

Revised 23 February 2016

Accepted 24 February 2016